
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2015/2016 Academic Session

December 2015 / January 2016

EKC 214 – Energy Balance
[Imbangan Tenaga]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of NINE pages of printed material and TWO pages of Appendix before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak dan DUA muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instruction: Answer **ALL** (4) questions.

Arahan: Jawab **SEMUA** (4) soalan.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

Write your index number in the space provided on the question paper to be attached to answer sheet.

[Tulis nombor angka giliran dalam ruangan yang disediakan pada kertas soalan peperiksaan untuk dikepilkan bersama kertas jawapan.]

Answer ALL questions.

1. [a] Answer each of the following statements **True** or **False** and correct the **False** statement:

- [i] An *ideal* solution is one for which the heat of mixing or solution is negligible.
- [ii] The heat capacity at constant volume C_v cannot be used to calculate $\Delta \hat{H}$. Instead C_p must be used.
- [iii] An input stream to a system possesses only internal energy.
- [iv] The term heat transfer Q in the general energy balance equation equals zero when the process is isothermal.
- [v] The heat of mixing has the same meaning as the heat of solution when the process involving mixing two fluids rather than dissolving gas or solid in a liquid.
- [vi] Both specific internal energy \hat{U} and specific enthalpy \hat{H} are state properties.

[6 marks]

[b] Air is heated from 25°C to 150°C prior to entering a combustion furnace. The change in specific enthalpy associated with this transition is 3640 J/mol. The flow rate of air at the heater outlet is 1.25 m³/min and the air pressure at this point is 122 kPa absolute. Assuming ideal gas behaviour and that kinetic and potential energy changes from the heater inlet to the outlet are negligible.

- [i] Calculate the heat requirement in kW.
- [ii] If the kinetic energy change is not negligible in part [i], what additional information would be needed?

[5 marks]

[2 marks]

[c] A tank of volume 10 m³ contains steam at 275°C and 15 bar. The tank and its contents are cooled until the pressure drops to 1.2 bar. Some of the steam condenses in the process. Using the steam table,

- [i] What is the final temperature of the tank contents (°C)?
- [ii] How much steam is condensed (kg)?
- [iii] How much heat is transferred from the tank (kJ)?

[12 marks]

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] Nyatakan sama ada setiap pernyataan yang berikut adalah **Benar** atau **Palsu** dan seterusnya perbetulkan pernyataan **Palsu** tersebut:

[i] Larutan unggul adalah di mana haba pencampuran atau larutan boleh diabaikan.

[ii] Muatan haba pada isipadu malar C_v tidak boleh digunakan untuk mengira $\Delta \hat{H}$. Sebaliknya C_p hendaklah digunakan.

[iii] Suatu aliran masuk ke satu sistem hanya memiliki tenaga dalam.

[iv] Parameter pemindahan haba Q di dalam persamaan imbalan tenaga umum adalah bersamaan dengan sifar apabila proses tersebut sesuhu.

[v] Haba pencampuran mempunyai maksud yang sama dengan haba larutan ketika proses yang melibatkan pencampuran dua bendalir dan bukannya ketika pelarutan gas atau pepejal ke dalam cecair.

[vi] Kedua-dua tenaga dalam tentu \hat{U} dan entalpi tentu \hat{H} adalah ciri-ciri keadaan.

[6 markah]

- [b] Udara dipanaskan dari 25°C ke 150°C sebelum memasuki relau pembakaran. Perubahan di dalam entalpi tentu yang dikaitkan dengan peralihan tersebut adalah 3640 J/mol . Kadar aliran udara di alur keluar pemanas adalah $1.25 \text{ m}^3/\text{min}$ dan tekanan udara pada titik itu adalah 122 kPa mutlak. Anggapkan kelakuan gas unggul dan perubahan tenaga kinetik dan upaya dari alur masuk pemanas ke alur keluar boleh diabaikan.

[i] Kirakan keperluan haba di dalam kW.

[5 markah]

[ii] Jika perubahan tenaga kinetik tidak boleh diabaikan untuk pengiraan bahagian [i], apakah maklumat tambahan yang diperlukan?

[2 markah]

- [c] Sebuah tangki berisipadu 10 m^3 mengandungi stim pada 275°C dan 15 bar . Tangki tersebut dan kandungannya disejukkan sehingga tekanan jatuh ke 1.2 bar . Sebahagian stim termeluwap di dalam proses tersebut. Menggunakan jadual stim,

[i] Apakah suhu akhir kandungan tangki tersebut ($^\circ\text{C}$)?

[ii] Berapa banyakkah stim telah termeluwap(kg)?

[iii] Berapa banyakkah haba telah dipindahkan dari tangki tersebut (kJ)?

[12 markah]

2. [a] A psychrometric chart presents physical and thermal properties of moist air in a graphical form. Under what conditions the dry bulb, wet bulb, and dew point temperatures are equal. [2 marks]
- [b] Define the adiabatic cooling process and state two common industrial applications of this process. [2 marks]
- [c] A stream of warm air with dry-bulb temperature of 40°C and a wet-bulb temperature of 32°C is mixed adiabatically with a stream of saturated cool air at 18°C. The dry air mass flow rates of the warm and cool air streams are 8 and 6 kg/s, respectively. The total pressure is 1 atm. Use the psychrometric (humidity) chart to determine the temperature (°C), relative humidity and enthalpy (kJ/kg dry air) of the mixture. State any assumptions.

Note: Return the psychrometric chart provided in the Appendix with your answer script.

[9 marks]

- [d] An isolated tank contains 500 kg of a solution of 20 wt% sulfuric acid at 340 K. To this solution, 300 kg of a 96 wt% solution of sulfuric acid at 310 K is added. To heat the solution, 100 kg of superheated steam are introduced at 1 atm and 400 K ($\hat{H} = 2729.7$ kJ/kg). Using the enthalpy-concentration chart,
- [i] What are the concentrations of sulfuric acid and water in the final solution?
- [ii] What is the final specific enthalpy of the solution (Btu/lbm)?

Note: Return the enthalpy-concentration chart provided in the Appendix with your answer script.

[12 marks]

3. [a] An amount of 2500 kg of glucose and 860 kg of oxygen are consumed to produce 1500 kg citric acid, 500 kg biomass and 100 kg of water vapor that is evaporated during the culture period. Ammonia is used as a nitrogen source and the batch fermenter operated at 25°C. Both feed and product streams are found at 25°C. This is a 2 days fermentation process. The power input to the system by mechanical agitation of the broth is 15 kW. The heat of reaction at 25°C is -460 kJ/mol O₂ consumed.
- [i] Calculate the energy needed for the process. [8 marks]
- [ii] If air is fed to the fermenter instead of pure O₂, would the product temperature be higher, lower or the same? Provide reason to support your answer. [4 marks]

2. [a] Carta psikrometer mewakili ciri-ciri fizikal dan haba untuk udara lembap di dalam bentuk grafik. Di dalam keadaan apakah suhu bebuli kering, bebuli basah dan titik embun mempunyai nilai yang sama.

[2 markah]

- [b] Beri definisi proses penyejukan adiabatik dan nyatakan dua kegunaan umum proses ini dalam industri.

[2 markah]

- [c] Satu aliran udara panas dengan suhu bebuli kering 40°C dan suhu bebuli basah 32°C dicampurkan secara adiabatik dengan satu aliran udara sejuk tepu pada 18°C . Kadar aliran udara kering bagi aliran udara panas dan sejuk adalah masing-masing 8 dan 6 kg/s. Jumlah tekanan adalah 1 atm. Gunakan carta psikrometer (lembapan) untuk menentukan suhu ($^{\circ}\text{C}$), kelembapan relatif dan entalpi (kJ/kg udara kering) bagi campuran tersebut. Nyatakan mana-mana anggapan.

Nota: Pulangkan semula carta psikrometer yang dibekalkan dalam Apendik bersama skrip jawapan anda.

[9 markah]

- [d] Sebuah tangki terpencil mengandungi 500 kg larutan asid sulfurik 20 %berat pada 340K. Larutan tersebut ditambahkan kepadanya 300kg larutan asid sulfurik 96 %berat. Bagi memanaskan larutan, 100 kg stim panas lampau digunakan pada 1 atm dan 400 K ($\hat{H} = 2729.7 \text{ kJ/kg}$). Dengan menggunakan carta entalpi-kepekatan,

[i] Apakah kepekatan asid sulfurik dan air dalam larutan akhir?

[ii] Apakah entalpi tentu terakhir bagi larutan tersebut (Btu/lbm)?

Nota: Pulangkan semula carta entalpi-kepekatan yang dibekalkan dalam Apendik bersama dengan skrip jawapan anda.

[12 markah]

3. [a] Sejumlah 2500 kg glukosa dan 860 kg oksigen telah diguna untuk menghasilkan 1500 kg asid sitrik, 500 kg biomassa dan 100 kg wap air yang tersejat semasa proses pengkulturan. Ammonia digunakan sebagai sumber nitrogen dan penapai kelompok beroperasi pada 25°C . Kedua-dua aliran suapan dan aliran produk berada pada 25°C . Proses penapaian ini selama 2 hari. Kuasa pergolakan mekanik kaldu yang dibekalkan kepada sistem adalah 15 kW. Haba tindak balas pada 25°C adalah -460 kJ/mol O_2 yang telah digunakan.

[i] Kirakan tenaga yang diperlukan untuk proses tersebut.

[8 markah]

[ii] Jika udara selain daripada O_2 tulen disuapkan ke dalam penapai, adakah suhu pada aliran produk menjadi lebih tinggi, lebih rendah atau sama? Berikan alasan untuk menyokong jawapan anda.

[4 markah]

...6/-

[b] Carbon disulfide is produced by reacting methane with sulfur via reaction:



In the process shown in Figure Q.3.[b], complete conversion of sulfur is assumed with feed consisting of 3 mol CH_4 per 1 mol S. Molten sulfur is fed at 220°C , and the products leave the process at 250°C . To carry out the reaction, the reactor feed materials are preheated to 700°C by heat exchange with the reactor effluent. Assume heat losses in heat exchanger are negligible. Splitter and mixer are both operated with no changes in stream temperature. Use the data in Table Q.3.[b], determine:

[i] the heat provided to the reactor per mole of carbon disulfide produced. [8 marks]

[ii] the outlet temperature (T_{out}) from the reactor. [5 marks]

Figure Q.3.[b]

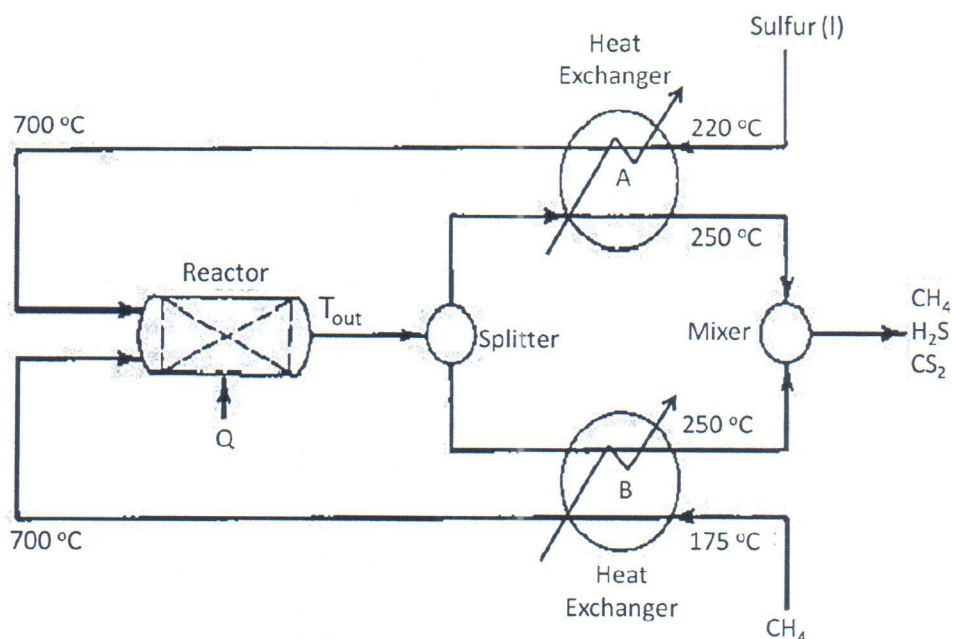


Table Q.3.[b]:

Compound	State	Average heat capacity (cal/mol.°C)	ΔH_v (kcal/mol)
CH_4	g	10.0	-
H_2S	g	9.5	-
CS_2	g	7.6	-
Sulfur	l	7	2.005 at 250°C , 1 atm
Sulfur	g	8	-

[b] Karbon disulfida telah dihasilkan melalui tindak balas metana dengan sulfur:



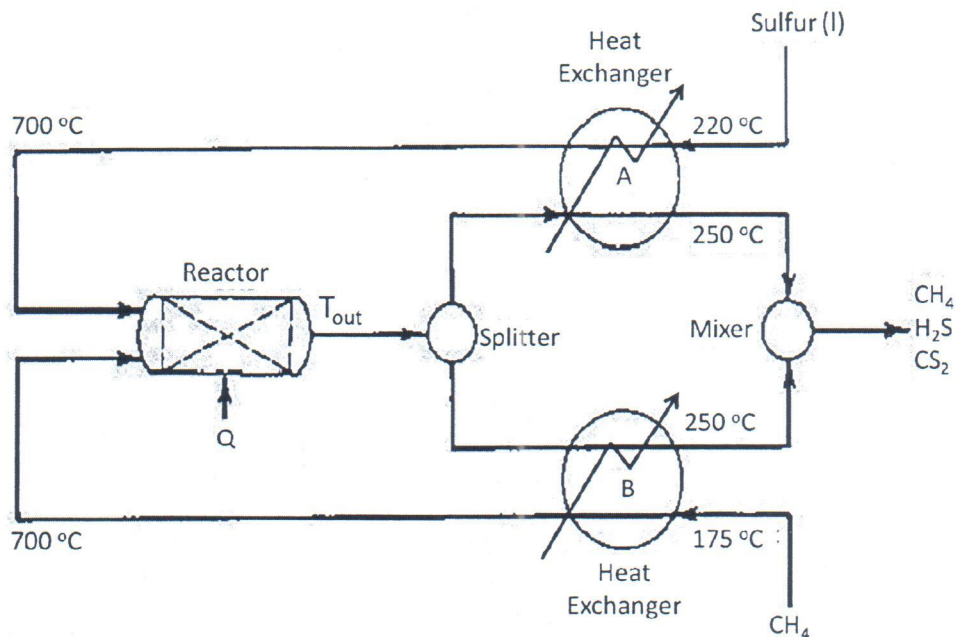
Dalam proses yang ditunjukkan dalam Rajah S.3.(b), penukaran sulfur adalah dianggap lengkap dengan aliran suapan terdiri daripada 3 mol CH_4 untuk setiap 1 mol S. Sulfur lebur telah disuapkan pada 220°C , dan produk hasil daripada proses adalah pada 250°C . Untuk menjalankan tindak balas, bahan suapan reaktor akan dipanaskan kepada 700°C melalui pertukaran haba dengan efluen reaktor. Andaikan kehilangan haba semasa pertukaran haba boleh diabaikan. Kedua-dua pemisah dan pengadun beroperasi tanpa perubahan suhu pada aliran-aliran. Gunakan data dalam Jadual S.3.[b], tentukan:

[i] haba yang dibekalkan kepada reaktor per mol karbon disulfida yang telah dihasilkan.

[8 markah]

[ii] suhu aliran luar (T_{out}) daripada reaktor.

[5 markah]



Rajah S.3.[b]

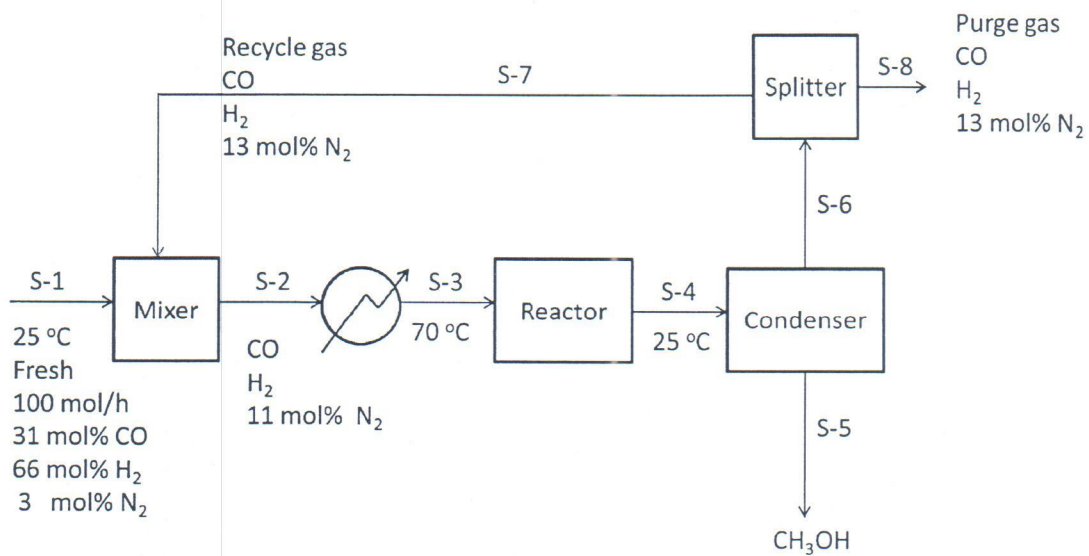
Jadual S.3.[b]

Komponen	Keadaan	Muatan haba purata (cal/mol. °C)	ΔH_v (kcal/mol)
CH_4	g	10.0	-
H_2S	g	9.5	-
CS_2	g	7.6	-
Sulfur	l	7	2.005 pada 250°C , 1 atm
Sulfur	g	8	-

4. Methanol is synthesis based on the process shown in Figure Q.4. A fresh feed stream at 25°C is flowing at 100 mol/h, containing 31 mol% CO, 66 mol% H₂ and 3 mol% N₂. The combined stream (S-2) consists of ratio of 4 mol recycle to 1 mol of fresh feed. The mol % composition of recycle stream and purge stream are the same.

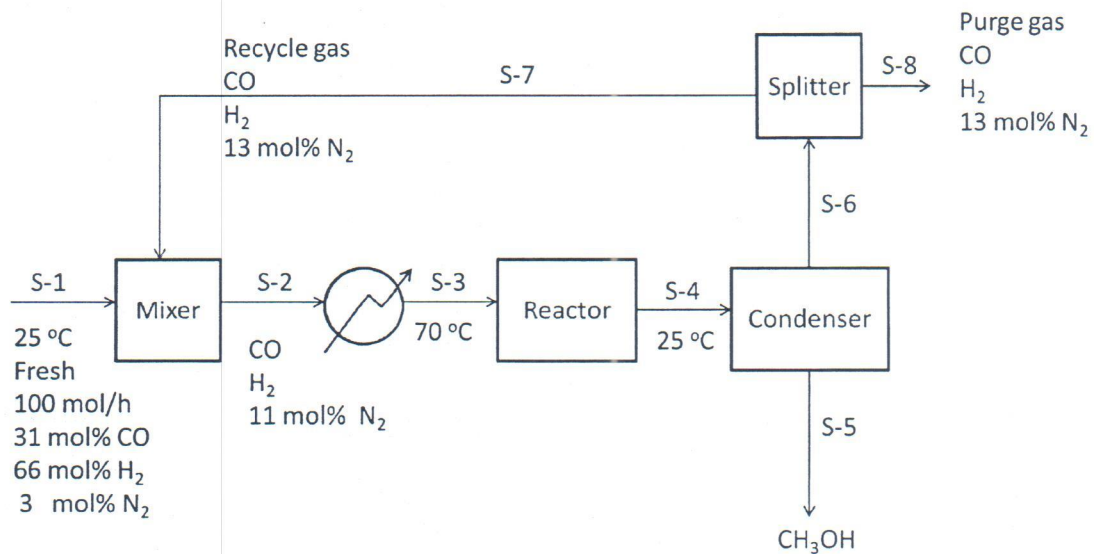
- [a] Define the standard heat of reaction and the heat of reaction. [4 marks]
- [b] What is the composition of the purge gas in mol %? [7 marks]
- [c] Calculate the overall conversion of CO. [3 marks]
- [d] Calculate the heat removed from the reaction process (kJ). [8 marks]
- [e] The reaction in this process is incomplete; will it affect the value of the standard heat of reaction? Provide reason to support your answer [3 marks]

Figure Q.4.

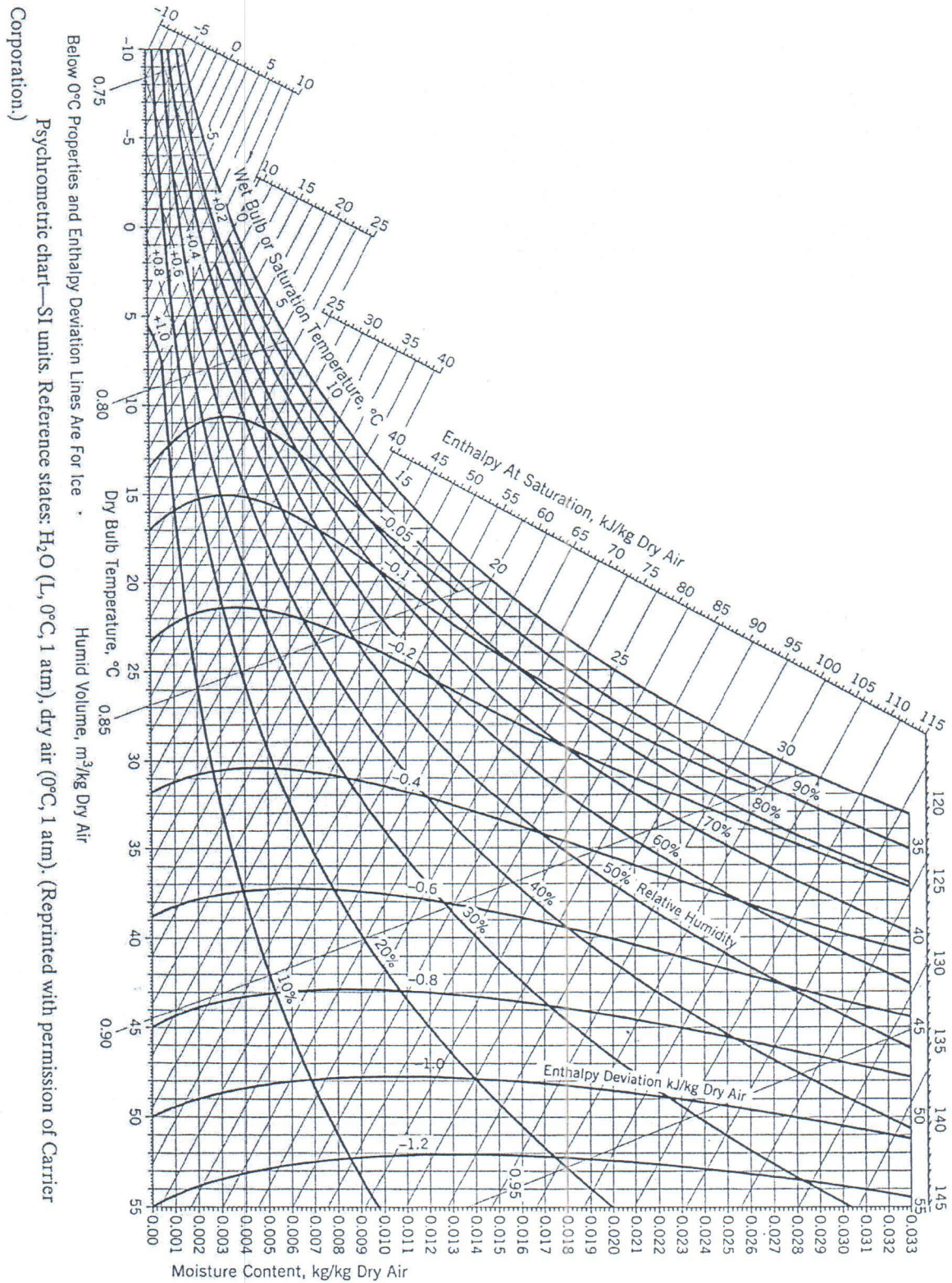


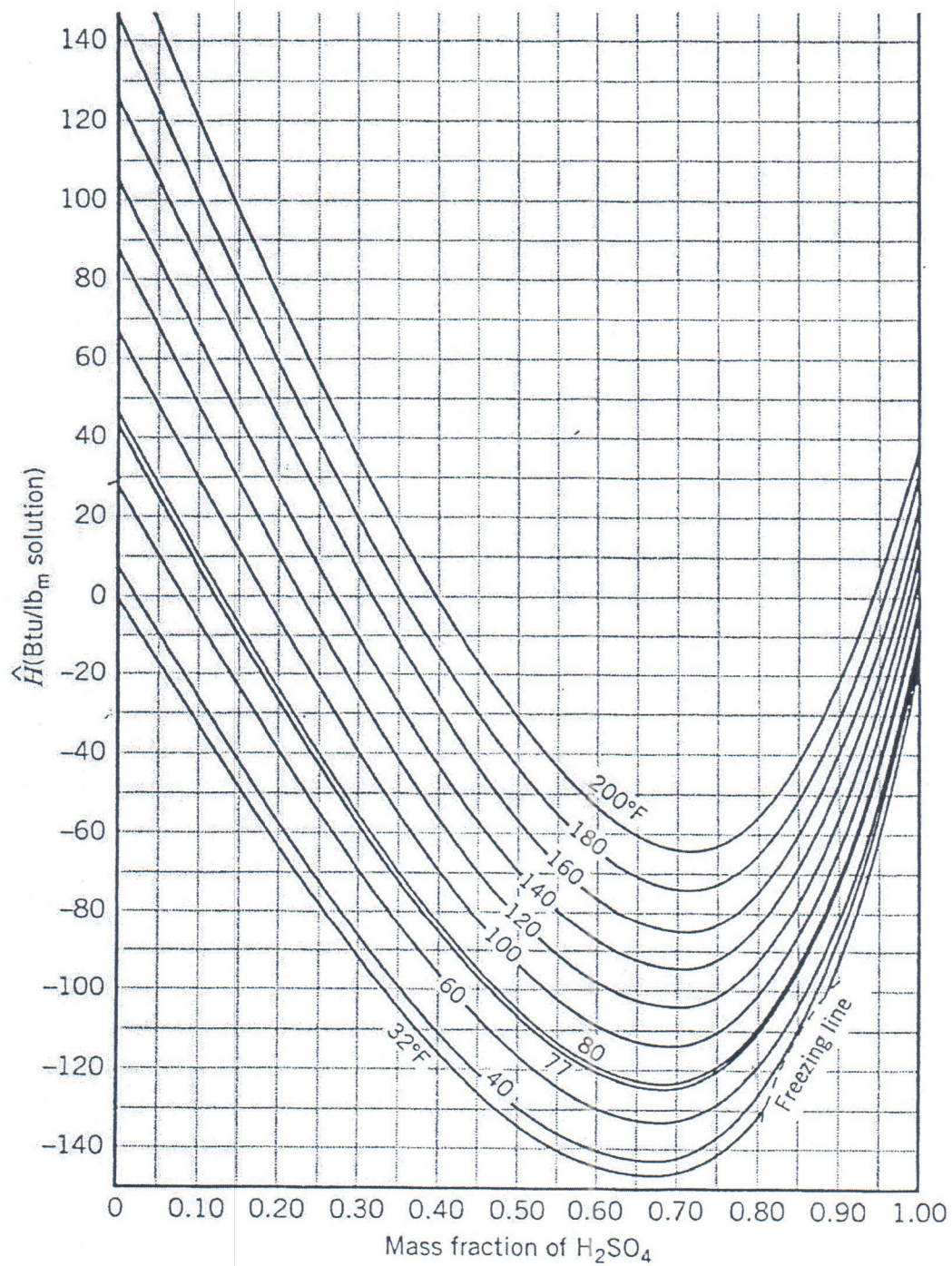
4. Metanol disintesis berdasarkan proses ditunjukkan dalam Rajah S.4. Suatu aliran suapan segar pada 25°C mengalir pada 100 mol/j, mengandungi 31 %mol CO, 66 %mol H₂ dan 3 %mol N₂. Aliran gabungan (S-2) terdiri daripada nisbah 4 mol kitar semula kepada 1 mol suapan segar. Komposisi %mol aliran kitar semula dan aliran pelega adalah sama

- [a] Takrifkan haba tindak balas piawai dan haba tindak balas. [4 markah]
- [b] Apakah komposisi gas pelega dalam % mol? [7 markah]
- [c] Kirakan penukaran keseluruhan CO. [3 markah]
- [d] Hitungkan pemindahan haba daripada proses tindak balas (kJ). [8 markah]
- [e] Tindak balas dalam proses tersebut adalah tidak lengkap, apakah akan terjadi pada nilai haba tindak balas piawai? Berikan alasan untuk menyokong jawapan anda. [3 markah]



Rajah S.4

Appendix



Enthalpy-concentration chart for $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$.
(Redrawn from the data of W. D. Ross, *Chem. Eng. Progr.*,
43:314, 1952.)